

DIALOG(R) File 351:DERWENT WPI  
(c) 2000 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

011268385 \*\*Image available\*\*  
WPI Acc No: 97-246288/199723  
XRAM Acc No: C97-080001  
XRPX Acc No: N97-202970

Economical refurbishment of photovoltaic solar modules - initiated by delaminating with high pressure water jet followed by soldered repairs and replacement of defective cells with completion by hot melt adhesive sheet and individual waste parts recycling

Patent Assignee: SIEMENS SOLAR GMBH (SIEI )

Inventor: VAN DEN BONGARD J; ZINKE G

Number of Countries: 001 Number of Patents: 002

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Main IPC	Week
DE 19539699	A1	19970430	DE 1039699	A	19951025	H01L-031/18	199723 B
DE 19539699	C2	19980319	DE 1039699	A	19951025	H01L-031/18	199815

Priority Applications (No Type Date): DE 1039699 A 19951025

Patent Details:

Patent	Kind	Lan	Pg	Filing Notes	Application	Patent
DE 19539699	A1		4			
DE 19539699	C2		4			

Abstract (Basic): DE 19539699 A

This novel method refurbishes defective solar modules (SM) having a laminated structure (9) which includes a substrate (1). In the new process, the latter is delaminated, with the help of a water jet (11).

Preferably, the jet (11) is directed at an acute angle (  $\alpha$  ), no greater than 45 deg. , against the laminate structure (9). A jet pressure of 200-600 bar is employed, and the nozzle (10) opening angle is no more than 30 deg. , whilst its diameter is 1-5 mm. During delamination, the nozzle rotates about an axis approximately perpendicular to the solar module. The nozzle opening is rectangular or rounded.

USE - Process repairs solar modules containing electrical solar cells, and recycles any components necessarily discarded.

ADVANTAGE - Solar cells in laminated structures are vulnerable to external influences, and several types of failure are possible. Repair difficulties used to see these failed modules consigned to trade waste, an increasingly-expensive disposal route. The procedure described is an economic and environmentally-friendly method of dealing with the problem. Use of a water jet allows the layers to be separated and the defective cells to be released. Defective soldering is made good, the cells replaced or exchanged as appropriate. Re-laminating then yields a fully-useable solar module. Re-cycling many parts of the module is possible, leaving only silicon and metal strips, a negligible proportion of the total waste. The nozzle features described, and lifting, assist rapid delamination.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift  
⑩ DE 195 39 699 A 1

⑤1 Int. Cl. 6:  
H 01 L 31/18  
H 01 L 31/042  
B 09 B 5/00  
B 03 B 9/08  
B 26 F 3/00

②1 Aktenz ichen: 195 39 699.5  
②2 Anmeldetag: 25. 10. 95  
④3 Offenlegungstag: 30. 4. 97

DE 195 39 699 A 1

⑦1 Anmelder:  
Siemens Solar GmbH, 80807 München, DE

⑦4 Vertreter:  
Hoffmann, Eitle & Partner Patent- und  
Rechtsanwälte, 81925 München

⑦2 Erfinder:  
Bongard, Jo van den, Dipl.-Chem., 88495 Eurasburg,  
DE; Zinke, Gerhard, Dipl.-Phys., 81737 München, DE

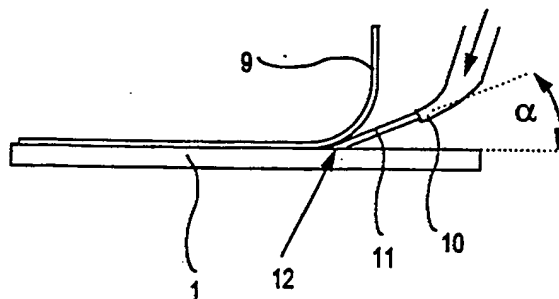
⑤6 Entgegenhaltungen:  
US 48 75 087  
EP 03 01 471

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Verwertung von defekten, laminierten Solarmodulen

⑤7 Verfahren zur Verwertung von defekten, laminierten Solarmodulen.

Zum Entlaminieren defekter laminierte Solarmodule wird vorgeschlagen, das Laminat mit Hilfe eines Wasserstrahls vom Substrat zu entfernen. Laminat, Solarzellen und Substrat können so einer getrennten Weiterverwertung zugeführt werden. Bei schonender Entlaminierung können die Solarzellen unversehrt freigelegt und gegebenenfalls repariert werden.



DE 195 39 699 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

## Beschreibung

Solarzellen und -module haben eine begrenzte Lebensdauer, die durch chemisch korrosive äußere Einwirkungen, Alterung oder Beschädigung durch thermisch mechanische Belastungen, elektrochemisch ausgelöste Diffusions- und Korrosionsprozesse sowie durch elektrische Defekte beeinflusst wird. Jeder dieser Einflüsse kann alleine oder insbesondere in Zusammenwirkung mit anderen Einflüssen zur Leistungsminderung oder gar zum Totalausfall von Solarmodulen führen.

Der Austausch einzelner defekter Solarzellen in Solarmodulen ist aufwendig und nur begrenzt möglich. Bei laminierten Solarmodulen, bei denen die miteinander verschalteten Solarzellen zwischen Glasscheiben und Schmelzklebefolien eingebettet sind, oder bei integriert verschalteten Dünnschichtsolarmodulen ist ein solcher Austausch oder eine Reparatur überhaupt nicht möglich. Aus diesen Gründen werden defekte Solarmodule bislang als Gewerbemüll entsorgt.

Steigende Deponierungskosten für Gewerbemüll, die in der BRD zur Zeit bei ca. DM 450,- pro Tonne liegen und aufwärts gerichtete Tendenz aufweisen, belasten eine freiwillig eingegangene oder eine, wie demnächst zu erwarten, gesetzlich vorgeschriebene Rücknahmeverpflichtung alter Solarmodule mit ständig steigenden Kosten.

Eine ökonomisch und auch ökologisch sinnvolle Wiederverwertung von Solarmodulen ist bislang nicht bekannt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Verwertung alter und defekter Solarmodule anzugeben, welches die Deponierung auf Mülldeponien vermeidet und zu einem sinnvollen weiter- oder wiederverwertbaren Produkt führt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren nach dem Anspruch 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Ein Solarmodul mit Laminataufbau, bei dem die miteinander verschalteten Solarzellen mit Hilfe von zumindest einer Schmelzklebefolie auf ein Substrat auflaminiert sind, wird erfindungsgemäß mit Hilfe eines Wasserstrahls entlaminiert. Dabei gelingt es nicht nur, den Laminataufbau vom Substrat abzutrennen, sondern sämtliche Laminatschichten aufzutrennen und insbesondere die Solarzellen freizulegen. Das Verfahren kann dabei so schonend durchgeführt werden, daß beim Freilegen der Solarzellen weder die Zellen noch die Lötstellen auf bzw. unter den Solarzellen beschädigt werden. Dadurch ist es möglich, an den Solarzellen einfache Reparaturen durchzuführen und beispielsweise eine abgerissene oder anderweitig defekte Lötstelle durch erneutes Verlöten zu reparieren. Möglich ist es auch, einzelne defekte Solarzellen auszutauschen und durch neue bzw. funktionsfähige Solarzellen zu ersetzen. Die dermaßen reparierten und miteinander verschalteten Solarzellen können dann wieder mit neuer oder mit Flickern aus neuer Schmelzklebefolie auflaminiert werden und ergeben ein voll funktionsfähiges Solarmodul.

Da das Solarmodul mit Hilfe des Wasserstrahls in seine Bestandteile Substrat, Laminierfolien und Solarzellen mit Verbindungsbändern zerlegt wird, können die einzelnen Bestandteile bei nicht lohnender Reparatur auch separat stofflich verwertet werden. So läßt sich beispielsweise das üblicherweise aus Glas bestehende Substrat, welches bereits ca. 90 Prozent des Modulgewichts ausmacht, abtrennen und recyceln bzw. wieder-

verwenden. Die Reste der Schmelzklebefolien und gegebenenfalls Abdeckfolien können einer thermischen Verwertung zugeführt werden. Der nicht mehr verwertbare verbleibende Restmüll (Silizium und Metallbänder) wird so auf einen minimalen Anteil des ursprünglichen Gewichts des Solarmoduls reduziert. Neben dem gegebenenfalls anfallenden Gewinn aus der Wiederverwertung zumindest des Materials der Glassubstrate werden mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zusätzlich erhebliche Deponierungskosten eingespart.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird der Wasserstrahl in einem spitzen Winkel von weniger als 45° gegen den Laminataufbau gerichtet. Der Strahldruck des Wasserstrahls wird üblicherweise zwischen 200 und 600 bar gewählt, vorzugsweise jedoch zwischen 300 und 500 bar.

Die Strahlführung erfolgt durch eine Auslaßdüse, die einen Öffnungswinkel von maximal 30° besitzt. Vorzugsweise wird eine Düse verwendet, die einen Öffnungswinkel zwischen 10 und 20° aufweist. Der Querschnitt der Düsenöffnung kann dabei rund oder rechteckig sein oder eine beliebige Zwischenform annehmen. Der Durchmesser der Düse liegt bei 1 bis 5 mm, vorzugsweise bei 1 bis 2 mm.

Eine Verfahrenserleichterung bzw. Verfahrensbeschleunigung wird erzielt, wenn die Düse während des Entlaminiervorgangs um eine Achse rotiert, die annähernd senkrecht zur Ebene des Solarmoduls steht. Durch die Rotation kann der Strahl einen Kreisbogen von bis zu 360° bestreichen.

Mit dem Entlaminiervorgang wird an einer Substratkante bzw. an einer Kante des Laminataufbaus begonnen. Der Wasserstrahl wird während des Entlaminiervorgangs mittels einer Relativbewegung von Düse und Substrat so über das Solarmodul geführt, daß nach und nach die gesamte Fläche des Laminataufbaus vom Wasserstrahl bestrichen wird und daß bei dem gewählten spitzen Aufprallwinkel stets ein bestimmter, möglichst geringer Abstand zwischen Düse und Laminat eingehalten wird.

Der Beginn des Entlaminiervorgangs kann mechanisch unterstützt werden, indem zumindest die obersten Schichten des Laminataufbaus mit einem Werkzeug ein wenig vom Substrat abgehoben werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und der dazugehörigen zwei Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt einen schematischen Querschnitt durch ein herkömmliches Solarmodul mit Laminataufbau.

Fig. 2 zeigt anhand eines schematischen Querschnitts das erfindungsgemäße Abheben eines Laminats vom Substrat.

Fig. 1: Der Aufbau eines herkömmlichen Solarmoduls SM mit Solarzellen aus kristallinem Silizium ist in Fig. 1 in schematischer und nicht maßstabsgetreuer Darstellung veranschaulicht. Auf dem Glassubstrat 1 sind die Solarzellen 3 aus ca. 300 µm dickem kristallinem Silizium zwischen einer ersten EVA-Folie 2 und einer zweiten EVA-Folie 4 und mit einer darüber angeordneten Polyester-Aluminium-Tedlar-Verbundfolie 5 laminiert bzw. eingeschweißt und bilden ein Laminat 9. Untereinander sind die Solarzellen 3 mit vernickelten und verzinnnten Kupferbändchen 7 von beispielsweise 3 mm Breite verschaltet. Ein um das ganze Laminat umlaufender Aluminiumprofilrahmen 8 schützt die Laminatkanten vor mechanischer Beschädigung und erleichtert die Montage des Solarmoduls. Nicht dargestellt sind gegebenenfalls im Bereich des Rahmens vorhandene aus organischen Kunststoffen oder aus Silikon bestehende

Abdichtmassen oder Schaumstoffklebebänder zur Unterfütterung der Substratkante im Aluminiumrahmen. Ebenfalls nicht dargestellt ist der Anschlußkasten auf der Rückseite des Solarmoduls SM, in den die zumindest zwei elektrischen Leiter münden, die mit den elektrisch in Serie geschalteten Solarzellen 3 verbunden sind.

Ein defektes und vom Solarmodulhersteller zurückgenommenes Solarmodul wird zur Wiederverwertung zunächst entrahmt. Bei einem wie in Fig. 1 dargestellten Solarmodul reicht dazu das Entfernen der Schrauben, mit deren Hilfe die einzelnen Teile des Rahmens miteinander verbunden sind und das anschließende seitliche Abziehen der Rahmenteile 8 vom Laminat 9. Die Rahmenteile bestehen aus Aluminium und können als Reinmaterial durch Einschmelzen wieder verwertet werden.

Bei dem vom Rahmen befreiten Solarmodul wird nun mit einem Werkzeug die Rückseitenfolie 9 ein Stück vom Substrat abgehoben. Dazu ist es ausreichend, zumindest eine der Laminatschichten von der darunterliegenden Schicht bzw. vom Substrat 1 auf einer Fläche von zum Beispiel mehreren  $\text{cm}^2$  abzuheben. Gegen diesen so entstandenen Spalt wird nun der über eine Düse 10 geführte Wasserstrahl 11 gerichtet. Es wird eine annähernd rechteckige Düsenöffnung mit einem Durchmesser von 2 mm gewählt. Die Düse ist so gestaltet, daß sich der Wasserstrahl 11 in einer Ebene fächerartig bis zu einem Öffnungswinkel von ca.  $20^\circ$  öffnet. Dieser Wasserstrahl 11 wird in einem Winkel  $\alpha$  von ca.  $30^\circ$  gegen die Fläche des Solarmoduls gerichtet. Der Abstand der Düse 10 vom Auftreffpunkt 12 wird auf ca. 1 cm eingestellt. Eine Pumpe (nicht dargestellt) sorgt für einen Wasserdruck von ca. 300 bar.

Mit den angegebenen Parametern ist es möglich, den Schichtaufbau bzw. den Laminataufbau 9 so abzulösen, daß entweder die miteinander verschalteten Solarzellen ohne Beschädigung der Lötstellen freigelegt werden können, oder daß alternativ zum Beispiel durch Erhöhung des Wasserdrucks das Substrat 1 vollständig vom Laminataufbau befreit werden kann. Während des Verfahrens wird der Wasserstrahl bzw. der Auftreffpunkt 12 so an den Verfahrensfortschritt angepaßt, daß der Auftreffpunkt 12 stets der Stelle folgt, an der sich das Laminat 9 vom Substrat löst. Da dabei stets die gewünschte kurze Entfernung von ca. 1 cm zwischen Düse 10 und Auftreffpunkt 12 eingehalten wird, ist eine Relativbewegung zwischen Solarmodul und Düse erforderlich. Dies umfaßt nicht nur eine Bewegung innerhalb der in der Figur dargestellten Ebene, sondern auch längs der Modulkante, die senkrecht zur Darstellungsebene steht.

Nach dem Entlaminieren ist das Substrat 1 vollständig von den übrigen Materialien befreit, während die Solarzellen 3 von den Folien 2, 4 und 5 getrennt werden. Das Glassubstrat 1 wird üblicherweise dem Glasrecycling zugeführt, während die Folien 2, 4 und 5 deponiert oder anderweitig entsorgt werden. Die Solarzellen 3 können einer stofflichen Verwertung des Halbleitermaterials zugeführt werden oder anderweitig entsorgt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Wasserstrahl (11) mit einem Strahldruck von 200 bis 600 bar eingesetzt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem der Wasserstrahl (11) durch eine Düse (10) mit einem Öffnungswinkel von maximal  $30^\circ$  geführt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der Wasserstrahl (11) durch eine Düse (10) mit einem Durchmesser von ca. 1 bis 5 mm geführt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem der Wasserstrahl (11) durch eine Düse (10) geführt wird, die während des Entlaminierens um eine annähernd senkrecht zum Solarmodul (SM) stehende Achse rotiert.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem der Wasserstrahl (11) durch eine Düse (10) mit rechteckiger oder runder Düsenöffnung geführt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem mit dem Entlaminieren am einer Kante des Laminat Aufbaus (9) begonnen wird und bei dem das Entlaminieren durch ein einmaliges, vorheriges mechanisches Anheben der obersten Schicht des Laminats unterstützt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
 — bei dem durch das Entlaminieren Solarzellen (3) freigelegt werden,  
 — bei dem defekte Lötstellen auf oder zwischen den freigelegten Solarzellen repariert oder defekte Solarzellen gegen funktionstüchtige ausgetauscht werden und  
 — bei dem die reparierten oder ausgetauschten Solarzellen wieder mit Flickern aus neuer Schmelzklebefolie laminiert werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die Bestandteile des Solarmoduls (SM) nach dem Entlaminieren soweit wie möglich getrennt und separat einer stofflichen Wiederverwertung zugeführt werden.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Verwertung defekter Solarmodule (SM) mit einem Laminat Aufbau (9) mit Substrat (1), bei dem das Substrat (1) mit Hilfe eines Wasserstrahls (11) entlaminiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Wasserstrahl (11) in einem spitzen Winkel ( $\alpha$ ) von kleiner gleich  $45^\circ$  gegen den Laminat Aufbau (9) gerichtet wird.

BEST AVAILABLE COPY

FIG 1

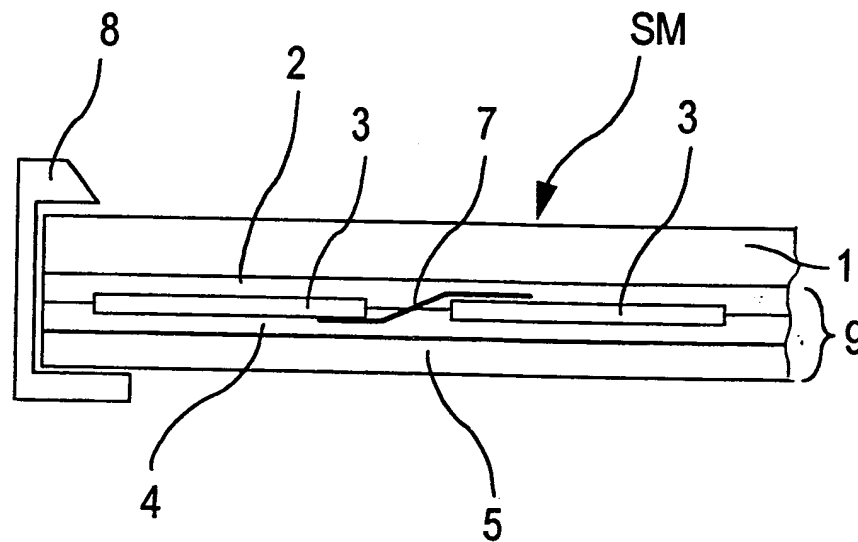


FIG 2

